

## CINÉTICA DE SECAGEM DE CAFÉ EM TERREIROS SUSPENSOS

FILIPE M. L. LINS<sup>1</sup>, GABRIEL H. H. OLIVEIRA<sup>2</sup>, ANA P. L. R. OLIVEIRA<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Estudante do Curso Técnico em Cafeicultura, Instituto Federal do Sudeste de Minas Gerais – *Campus* Manhuaçu, Manhuaçu-MG, Fone: (33) 3333-0100, filipe\_fm@hotmail.com

<sup>2</sup> Eng<sup>o</sup> Agrícola e Ambiental, Prof. Doutor, Instituto Federal do Sudeste de Minas Gerais, Manhuaçu-MG

<sup>3</sup> Bacharel e Licenciada em Química, Prof<sup>a</sup> Doutora, Instituto Federal do Sudeste de Minas Gerais, Manhuaçu-MG

Apresentado no  
L Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2021  
08 a 10 de novembro de 2021 - Congresso On-line

**RESUMO:** O método de secagem dos frutos de café é um procedimento oneroso que interfere diretamente na qualidade final deste produto. Assim, este trabalho teve como objetivo avaliar a influência da combinação de lona plástica e ventilação mecânica com o terreiro suspenso na cinética de secagem do café. Foram utilizados apenas frutos de café arábica (*Coffea arabica* L.) maduros, da cv. Catuai 44, colhidos por derriça, selecionados e secados em dois terreiros suspensos, construídos no *Campus* Manhuaçu. Foram utilizadas lonas plásticas de 150 micra em ambos os terreiros suspensos. Em um dos terreiros foi colocado um ventilador em uma das extremidades, ao passo que no outro terreiro se manteve sem essa inserção. Modelos matemáticos foram ajustados aos dados experimentais de secagem dos frutos de café. Os resultados mostraram que o terreiro suspenso com o ventilador não se mostrou vantajoso, pois forneceu o maior tempo de secagem; em ambos os terreiros suspensos, os frutos de café foram atacados por fungos e, os modelos de Midili Modificado e Page são os que melhores representam a cinética de secagem dos frutos de café em terreiro suspenso com lona plástica e ventilador e apenas com lona plástica, respectivamente.

**PALAVRAS-CHAVE:** modelagem matemática, *Coffea arabica* L, taxa de secagem

### DRYING RATE OF COFFEE AT SUSPENDED TERRACES

**ABSTRACT:** The drying method of coffee fruits is a costly procedure which directly affects the final quality of this product. Thus, this work aimed to evaluate the influence of the combination of plastic sheet and mechanical ventilation with the suspended terrace on the coffee drying kinetics. Mature fruits of arabica coffee (*Coffea arabica* L.), cv. Catuai 44, harvested by stripping, selected, and dried in two suspended terraces, built on *Campus* Manhuaçu. 150 micron plastic sheets were used in both suspended terraces. In one of the terraces, a fan was placed at one end, while in the other terrace it was kept without this insertion. Mathematical models were fitted to experimental data on drying of coffee fruits. Results showed that the suspended terrace with the fan was not advantageous, because it provided the longest drying time; at both suspended terraces, coffee fruits were attacked by fungi and, Modified Midili and Page models are the ones that best represent the drying kinetics of coffee fruits in a suspended terrace with plastic sheet and fan, and only with plastic sheet, respectively.

**KEYWORDS:** mathematical modeling, *Coffea arabica* L, drying rate

**INTRODUÇÃO:** O método de secagem que se utiliza exclusivamente do clima (ventos e sol) é o método mais utilizado no Brasil, especialmente pelo seu baixo custo. Um destes métodos, o terreiro suspenso, em que possibilita algumas vantagens interessantes ao cafeicultor, como melhor ergonomia; menor quantidade de mão-de-obra, pois envolve menos revolvimentos que o terreiro tradicional; e seca mais uniforme. Apesar de necessitar de maior área e processar um menor volume de café por lote, o produto secado dessa forma tende a apresentar propriedades sensoriais superiores (DONG et al., 2017). Uma maneira de minimizar a dependência pelos fatores climáticos, pois a safra e conseqüente secagem do café ocorre no inverno no Brasil, seria o uso de estufas com o uso de lona plástica, e de ventilação mecânica, com o intuito de retirar o ar saturado. No entanto, não foram encontrados na literatura trabalhos acerca desse método de secagem combinado com o terreiro suspenso. Sendo assim, este trabalho objetivou avaliar a influência da combinação de lona plástica e ventilação mecânica com o terreiro suspenso na cinética de secagem de café.

**MATERIAL E MÉTODOS:** Foram utilizados frutos de café (*Coffea arabica* L.) cv. Catuai 44, provenientes da UEP do IF Sudeste MG - Campus Manhuaçu, colhidos por derriça. Posteriormente os frutos foram selecionados visualmente no próprio terreiro suspenso, de modo a se separar os frutos cereja dos demais. Foram construídos dois terreiros suspensos de dimensões iguais de largura (1,5 m), comprimento (6,0 m) e altura do solo (1,0 m), telados com sombrite de 50% de perfuração, colocados sobre fios de aço nº 16 de modo a se manter esticados quando da seca dos frutos de café. Arcos de tubos de PVC foram instalados na parte superior, de modo a colocar as lonas plásticas de 150 micra. Em um dos terreiros foi colocado um ventilador em uma das extremidades, sendo sua localização transversal em relação aos ventos predominantes, ao passo que no outro terreiro se manteve sem essa inserção. Os terreiros eram lonados ao redor das 14h e deslonados por volta das 10h da manhã. O ventilador era ligado no momento da lonagem e desligado ao deslonar o terreiro. A temperatura e a umidade relativa do ar nos terreiros suspensos foram mensuradas utilizando um termo-higrômetro digital. O teor de água do produto no início foi determinado pelo método da estufa,  $105 \pm 1$  °C, até massa constante, em três repetições (BRASIL, 2009). Seu valor médio foi de  $1,94 \pm 0,07$  (b.s.). A secagem foi acompanhada diariamente por meio de diferença de massa, realizada por meio de uma balança analítica com precisão de 0,001 g, e ocorreu entre os dias 16/06/21 a 05/07/21 no Distrito de Realeza, Manhuaçu-MG. A secagem foi finalizada quando o teor de água dos frutos atingiu 0,29 (b.s.). Para a determinação das razões de umidade (RU) do café durante a secagem, foi utilizada a Equação 1:

$$RU = U^* - U_e^* / U_i^* - U_e^* \quad (1)$$

em que,

RU - razão de umidade, adimensional

$U^*$  - teor de água do produto no tempo t, decimal base seca

$U_e^*$  - teor de água de equilíbrio do produto, decimal base seca

$U_i^*$  - teor de água inicial do produto, decimal base seca

Utilizou-se modelos propostos na literatura para predizer a cinética da secagem de frutos de café: Page, Logaritmo, Midili modificado, Aproximação da difusão, Dois termos e Verma. Para o ajuste dos modelos matemáticos, foi realizada análise de regressão não-linear pelo método Gauss Newton, utilizando do “software” STATISTICA 8.0<sup>®</sup>. A escolha do melhor modelo foi baseada em parâmetros estatísticos: o desvio padrão da estimativa (SE), o erro médio relativo (P) e o coeficiente de determinação ( $R^2$ ).

**RESULTADOS E DISCUSSÃO:** Para que um modelo seja adequado na descrição de um fenômeno, segundo Mohapatra e Rao (2005), valores inferiores a 10 % de erro médio relativo (P) indicam bom ajuste para fins práticos. De acordo com Draper e Smith (1998), a capacidade de um modelo para descrever com fidelidade determinado processo físico é inversamente proporcional ao valor do erro padrão da estimativa (SE). Para a secagem dos frutos de café em terreiro suspenso com a lona e o ventilador, os modelos Aproximação da Difusão e Midili Modificado obtiveram os melhores resultados (valores de P de 7,59 e 7,67; SE de 0,07 para ambos), ao passo que para a secagem dos frutos de café em terreiro suspenso com a lona, porém sem ventilador, os melhores modelos foram o de Verma e Page (valores de P de 8,22 e 8,98; SE de 0,07 para ambos). Tendo em vista a significância dos parâmetros e o grau de complexidade de cada modelo, descartou-se os modelos Aproximação da Difusão e Verma; assim, os modelos de Midili Modificado e Page são os que melhor representam a cinética de secagem dos frutos de café em terreiro suspenso com lona e ventilador, e apenas com lona, respectivamente. A Figura 1 demonstra a cinética de secagem.

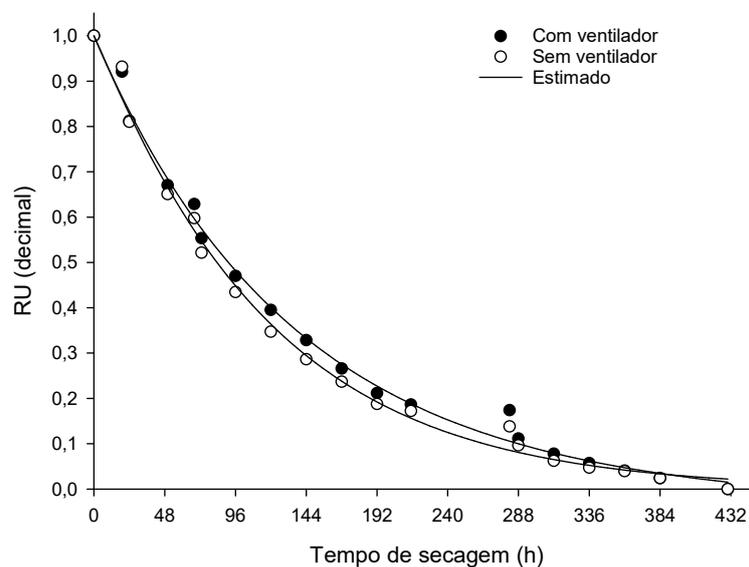


FIGURA 1. Dados observados e estimados pelos modelos de Midili Modificado (com ventilador) e de Page (sem ventilador) da secagem de frutos de café em terreiro suspenso.

Nota-se pela Figura 1 que os frutos de café localizados no terreiro suspenso com a lona plástica, porém, sem o ventilador, perderam umidade mais rapidamente do que os frutos de café no terreiro suspenso com a lona e com o ventilador. Essa diferença se manteve em torno de 2 a 4% de umidade em base úmida. Este fato se deve à ação do ventilador na diminuição da temperatura interna no terreiro suspenso, e um efeito mais tímido na diminuição da umidade relativa do ar. Durante o experimento, observou-se que a diferença de temperatura entre os dois terreiros suspensos, quando o ventilador estava acionado, era de 3 a 4 °C, dependendo da temperatura externa. Já a umidade relativa apresentava diferença mínima entre 1 e 2 %, geralmente maior para o terreiro com o ventilador, em razão da umidade relativa externa estar alta, acima de 70%. Pela Figura 2 nota-se que a temperatura ficou próxima ou acima de 30 °C apenas em três momentos durante a secagem. E como esperado, nestes eventos foram observados os menores valores de UR, abaixo de 40%, condição estas que propiciam um ar de secagem adequado para a retirada da umidade do café. A secagem foi interrompida ao redor de 0,29 (b.s.), acima do ideal para o processamento e armazenamento do café (0,13 b.s.), pois as amostras já se encontravam deterioradas por ataque de microrganismos e fungos, identificados visualmente pela presença de mofo. Este fato está intimamente ligado à velocidade de secagem dos frutos de café, em que foi necessário cerca

de 12 e 13 dias para se atingir a meia seca, respectivamente para os frutos de café secados sem e com ventilador. Sendo que é conhecido que essa meia seca deve ser atingida entre 3 a 5 dias de secagem para garantir a segurança microbiológica do produto. As baixas temperaturas e altas umidades relativas não permitiram a secagem adequada do produto, mesmo com a presença da lona plástica. Portanto, a secagem em terreiros suspensos, dependendo da região e das condições psicrométricas do ar durante a secagem, não são indicados, pois a principal forma de seca neste sistema é por meio convectivo, sendo indicado neste caso a ação da condução, fato este presente em terreiros de concreto e lama asfáltica. Outra alternativa é processar o café via úmida para que se remova a casca, barreira esta que dificulta a secagem.

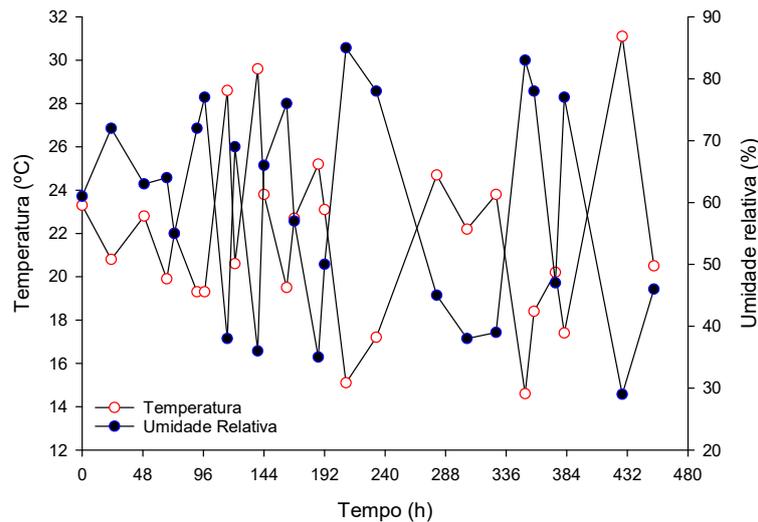


FIGURA 2. Dados observados de temperatura e umidade relativa do ar interno do terreiro suspenso com o ventilador, durante a secagem de frutos de café.

**CONCLUSÕES:** O uso da lona plástica proporcionou o aumento da temperatura e a diminuição da umidade relativa interna do ar no terreiro suspenso. Entretanto, essas variações não foram suficientemente importantes para realizar a secagem dos frutos de café. O uso da ventilação mecânica no terreiro suspenso não foi adequado para realizar a secagem dos frutos de café, em que somente a lona plástica com o terreiro suspenso obteve melhor resultado quando comparou-se a velocidade de secagem. Entretanto, ambas as formas de secagem apresentaram aparecimento de mofo, em momentos distintos durante a secagem.

**AGRADECIMENTOS:** Os autores agradecem ao CNPq, FAPEMIG e ao IF Sudeste MG, pelo auxílio financeiro por meio de projetos e bolsas.

#### REFERÊNCIAS:

BRASIL. Regras para análise de sementes. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. Secretaria Nacional de defesa Agropecuária, Brasília, 2009.

DONG, W., HU, R., CHU, Z., ZHAO, J., TAN, L. Effect of different drying techniques on bioactive components, fatty acid composition, and volatile profile of robusta coffee beans. **Food Chemistry**, v.234, p.121-130, 2017.

DRAPER, N. R.; SMITH, H. **Applied regression analysis**. New York: Weley Series in Probability and Mathematical Statistics, John Wiley & Sons. 712p. 1998.

MOHAPATRA, D.; RAO, P.S. A thin layer drying model of parboiled wheat. **Journal of Food Engineering**, v. 66, n. 4, p. 513-518, 2005.